

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-053330 /

(43)Date of publication of application : 23.02.2001

(51)Int.Cl.

H01L 31/10

(21)Application number : 11-224567

(71)Applicant : TOKAI RIKI CO LTD

(22)Date of filing : 06.08.1999

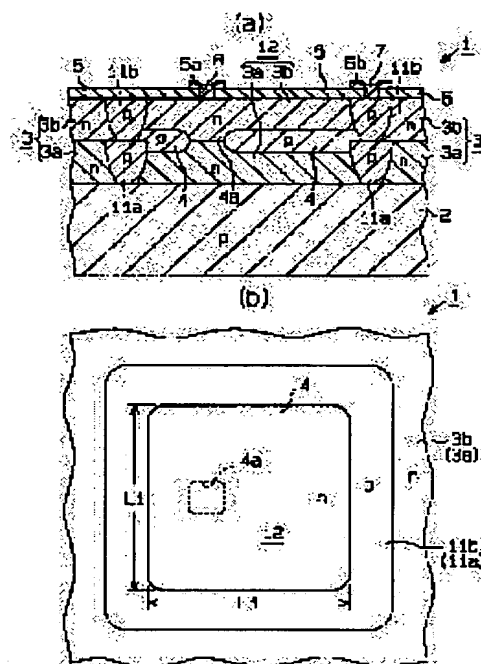
(72)Inventor : MINAGAWA TORU  
IWATA HITOSHI

## (54) SEMICONDUCTOR PHOTO DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve sensitivity of a semiconductor photo device.

**SOLUTION:** A photo-IC 1 is constituted of a substrate 2, an epitaxial laminate 3, a diffusion layer 4, a passivation film 5, and two electrodes 6 and 7. The laminate, 3 is composed of a first epitaxial layer 3a formed on the surface of the substrate 2 and a second epitaxial layer 3b laminated upon the layer 3a. At prescribed spots of the layers 3a and 3b, isolation layers 11a and 11b are respectively formed. A light receiving section 12 is constituted of the specific regions of the epitaxial layers 3a and 3b, surrounded by the isolation layers 11a and 11b. On the joint surfaces of the epitaxial layers 3a and 3b in the light receiving section 12, diffusion layers 4 are formed. Therefore, the light receiving section 12 is made into a laminated structure.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] When it has the light sensing portion which turns into the surface section of the base which consists of the 1st conductivity-type semi-conductor from the 2nd conductivity-type semi-conductor and light carries out incidence to the light sensing portion, it is the semi-conductor photograph device characterized by being constituted including two or more euphotic zones by which the laminating of said light sensing portion was carried out in the thickness direction of said base in the semi-conductor photograph device which generates photoelectromotive force.

[Claim 2] The euphotic zone located in the maximum table section is a semi-conductor photograph device according to claim 1 characterized by only the electrode connection having exposed to an outside surface.

[Claim 3] It is the semi-conductor photograph device according to claim 1 or 2 which has the epitaxial layer which consists of the 2nd conductivity-type semi-conductor formed of epitaxial growth on said base, and said light sensing portion is the specific region of said epitaxial layer surrounded by the isolation layer which consists of the 1st conductivity-type semi-conductor, and is characterized by the diffusion layer which consists of the 1st conductivity-type semi-conductor laid underground in said epitaxial layer intervening between said euphotic zones in this field.

[Claim 4] Said base has the substrate which consists of the 1st conductivity-type semi-conductor, and the epitaxial layer which consists of the 1st conductivity-type semi-conductor formed of epitaxial growth on the substrate. Said light sensing portion The bottom embedded euphotic zone which consists of the 2nd conductivity-type semi-conductor laid underground between said substrates and said epitaxial layers, The semi-conductor photograph device according to claim 1 or 2 characterized by having the upside embedded euphotic zone laid underground in said epitaxial layer [ above the bottom embedded euphotic zone ], and the diffusion layer formed that both embedded euphotic zones should be opened for free passage.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to semi-conductor photograph devices, such as a photodiode and a photo transistor.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the former, semi-conductor photograph devices, such as a photodiode and a photo transistor, are known as a component which changes a lightwave signal into an electrical signal.

[0003] For example, the photodiode has the internal structure as shown in drawing 16 (a). The photodiode 51 shown in this drawing consists of passivation film 54, such as a substrate 52, a light sensing portion 53, and silicon oxide, and electrodes 55 and 56.

[0004] A substrate 52 consists of a n-type semiconductor, and the light sensing portion 53 is constituted by the p type semiconductor which impurity diffusion was carried out to the front face of this substrate 52, and was formed in it. Moreover, the passivation film 54 and an electrode 55 are formed in the front face of a substrate 52, and the electrode 56 is formed in the rear face of this substrate 52.

[0005] In such a photodiode 51, if light carries out incidence to a light sensing portion 53, the light energy will be absorbed and photoelectromotive force will occur in a joint (PN junction section) with a substrate 52. Therefore, when light carries out incidence, a current will flow between an electrode 55 and an electrode 56.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, the crystal continuity of the semi-conductor for a joint 57 exposed to the front face of a substrate 52 in the joint of a substrate 52 and a light sensing portion 53 is easy to be spoiled so that it may expand to drawing 16 (a) and it may be shown, although the front face of a substrate 52 is protected by the passivation film 54. For this reason, to a part for this joint 57, the dark current (leakage current generated even if light has not carried out incidence) becomes easy to flow compared with parts for other joint. And if there is much such the dark current, a ratio (S/N ratio) with a photocurrent (current generated when light carries out incidence) will get worse, and effectiveness and the engine performance will fall. Therefore, to raise such a S/N ratio and to raise sensibility is desired.

[0007] However, in said photodiode 51, as shown in drawing 16 (b), the joint of a substrate 52 and a light sensing portion 53 has exposed to the front face of a substrate 52 one 4 times the die length of L1 of this shown, a part for circumferential die length, i.e., this drawing, of a light sensing portion 53. Therefore, in this photodiode 51, the dark current will occur by the circumferential die length of a light sensing portion 53. Moreover, as for a photocurrent, the yield is decided according to the area of PN junction section. However, since PN junction section of a photodiode 51 serves as only an underside side field of a light sensing portion 53, it cannot fully generate a photocurrent.

[0008] S/N ratio sufficient in the conventional photodiode 51 could not be obtained from such a factor, and sufficient sensibility was not able to be obtained. If it was under an elevated-temperature situation especially, since it became easy to generate the dark current, there was a possibility of stopping achieving the function as a photograph device.

[0009] This invention is made in view of such the actual condition, and the object is in offering the semi-conductor photograph device which can raise sensibility.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, in invention according to claim 1, it has the light sensing portion which turns into the surface section of the base which consists of the 1st conductivity type semi-conductor from the 2nd conductivity type semi-conductor, and when light carries out incidence to the light sensing portion, in the semi-conductor photograph device which generates photoelectromotive force, said light sensing portion makes it a summary to be constitute including two or more

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

euphotic zones by which the laminating was carried out in the thickness direction of said base.

[0011] In invention according to claim 2, the euphotic zone located in the maximum \*\*\*\* makes it a summary only for the electrode connection to have exposed to an outside surface in a semi-conductor photograph device according to claim 1.

[0012] In invention according to claim 3, it sets to a semi-conductor photograph device according to claim 1 or 2. It has the epitaxial layer which consists of the 2nd conductivity-type semi-conductor formed of epitaxial growth on said base. Said light sensing portion It is the specific region of said epitaxial layer surrounded by the isolation layer which consists of the 1st conductivity-type semi-conductor, and let it be a summary for the diffusion layer which consists of the 1st conductivity-type semi-conductor laid underground in said epitaxial layer to intervene between said euphotic zones in this field.

[0013] In invention according to claim 4, it sets to a semi-conductor photograph device according to claim 1 or 2. Said base It has the substrate which consists of the 1st conductivity-type semi-conductor, and the epitaxial layer which consists of the 1st conductivity-type semi-conductor formed of epitaxial growth on the substrate. Said light sensing portion The bottom embedded euphotic zone which consists of the 2nd conductivity-type semi-conductor laid underground between said substrates and said epitaxial layers, Let it be a summary to have the upside embedded euphotic zone laid underground in said epitaxial layer [ above the bottom embedded euphotic zone ], and the diffusion layer formed that both embedded euphotic zones should be opened for free passage.

[0014] Hereafter, "an operation" of this invention is explained. According to invention according to claim 1, the light sensing portion is constituted including two or more euphotic zones by which the laminating was carried out in the thickness direction of a base. That is, the light sensing portion is constituted by the layered product. For this reason, compared with that whose light sensing portion is uni-layer body, the touch area between a base and a light sensing portion increases, and a photocurrent (sensibility current) increases. Therefore, a S/N ratio can be raised and light-receiving sensibility can be raised.

[0015] According to invention according to claim 2, only the electrode connection has exposed the euphotic zone located in the maximum \*\*\*\* from the outside surface. For this reason, the amount which the amount of [ between anode cathodes ] joint exposes to a front face decreases. Therefore, the yield of the dark current can be decreased and a S/N ratio can be raised. Therefore, light-receiving sensibility can be raised.

[0016] According to invention according to claim 3, on the base, the epitaxial layer which consists of the 2nd conductivity-type semi-conductor formed of epitaxial growth is formed. And an isolation layer is formed in this epitaxial layer, and the specific region surrounded by that isolation layer is used as the light sensing portion. Furthermore, the light sensing portion is made into the layered product which consists of two or more euphotic zones by making a diffusion layer intervene in a light sensing portion. For this reason, the plane-of-composition product between a light sensing portion, an isolation layer, and a diffusion layer increases, and a photocurrent (sensibility current) increases. Therefore, a S/N ratio can be raised and light-receiving sensibility can be raised.

[0017] According to invention according to claim 4, the light sensing portion is making the laminated structure by the bottom embedded euphotic zone and the upside embedded euphotic zone. For this reason, the plane-of-composition product between a light sensing portion and a base increases, and a photocurrent (sensibility current) increases. Therefore, a S/N ratio can be raised and light-receiving sensibility can be raised.

[0018]

[Embodiment of the Invention] (The 1st operation gestalt) The 1st operation gestalt which materialized the semi-conductor photograph device of this invention at Photograph IC is hereafter explained to a detail based on drawing 1 - drawing 4 .

[0019] As shown in drawing 1 (a) and (b), the photograph IC 1 as a semi-conductor photograph device consists of a base 2, the epitaxial layered product 3, a diffusion layer 4, passivation film 5, and two electrodes 6 and 7.

[0020] The base 2 is constituted by the silicon wafer which consists of p mold single crystal silicon as the 1st conductivity-type semi-conductor. The epitaxial layered product 3 is formed with n mold single crystal silicon as the 2nd conductivity-type semi-conductor. This layered product 3 consists of 1st epitaxial layer 3a formed in the front face of a base 2 of epitaxial growth, and 2nd epitaxial layer 3b by which the laminating was carried out on the 1st epitaxial layer 3a.

[0021] The isolation layers 11a and 11b which consist of p mold single crystal silicon, respectively are formed in the predetermined part of each epitaxial layers 3a and 3b. Isolation layer 11a is opened for free passage and formed in the base 2 from the front face of 1st epitaxial layer 3a. Moreover, isolation layer 11b is opened for free passage and formed in isolation layer 11a from the front face of 2nd epitaxial layer 3b. Each isolation layers 11a and 11b are making the shape of a ring which makes the shape of an abbreviation square by plane view, as shown in drawing 1 (b). For this reason, each epitaxial layers 3a and 3b are divided by each isolation layers 11a and 11b. And the light sensing portion 12 is constituted by the specific region of each of these surrounded

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



epitaxial layers 3a and 3b. In addition, as shown in this drawing, one side is set as die length L1, and this die length L1 is set as 50 micrometers for the light sensing portion 12 in this operation gestalt.

[0022] The diffusion layer 4 which consists of p mold single crystal silicon is formed in the plane of composition of each epitaxial layers 3a and 3b in a light sensing portion 12. This diffusion layer 4 is opened for free passage and formed in each isolation layers 11a and 11b. Moreover, window part 4a is prepared in a part of this diffusion layer 4. Thereby, the light sensing portion 12 is in the condition of having made the laminated structure. In addition, the passivation film 5 and each electrodes 6 and 7 are omitted, and drawing 1 (b) has shown.

[0023] The passivation film 5 consists of insulator layers, such as silicon oxide and a silicon nitride, and is formed in the front face of 2nd epitaxial layer 3b. That is, insulation protection of the front face of 2nd epitaxial layer 3b is carried out with the passivation film 5. Moreover, in the passivation film 5, the electrode 6 which consists of metals, such as aluminum, is formed in the part which corresponds with window part 4a of said diffusion layer 4. This electrode 6 is joined to 2nd epitaxial layer 3b. Moreover, the electrode 7 which consists of metals, such as aluminum, is formed in isolation layer 11b and a corresponding part. This electrode 7 is joined to isolation layer 11b in the condition of having been isolated with 2nd epitaxial layer 3b.

[0024] Therefore, a base 2, the isolation layers 11a and 11b, and a diffusion layer 4 serve as an anode, and, as for the photograph IC 1 constituted in this way, a light sensing portion 12 serves as a cathode. A power source is connected to each electrodes 6 and 7 at the time of the activity of this photograph IC 1. In detail, a plus side is connected to an electrode 6 and a minus side is connected to an electrode 7. That is, reverse voltage is impressed to a photograph IC 1. If light carries out incidence to the plane of composition of an anode and a cathode in this condition, that light energy will be absorbed, back EMF will be produced, and a reverse current will flow between anode cathodes. For this reason, a photograph IC 1 functions as a photodiode.

[0025] Next, the manufacture procedure of the photograph IC 1 of this operation gestalt is explained according to drawing 2 - drawing 4. First, as shown in drawing 2 (a), 1st epitaxial layer 3a is formed by making the front face of a base 2 carry out epitaxial growth of the n mold single crystal silicon. In addition, in this operation gestalt, the thickness of 1st epitaxial layer 3a is set up within the limits of 5-20 micrometers.

[0026] Then, as shown in drawing 2 (b), silicon oxide 13 is formed in the front face of 1st epitaxial layer 3a. Then, opening 13a corresponding to an oxide film 13 is formed with said isolation layer 11a by performing photo etching to this oxide film 13. And to this opening 13a to 1st epitaxial layer 3a, by an ion implantation etc., boron is driven in and thermal diffusion of the boron is carried out further. Consequently, isolation layer 11a which consists of p mold single crystal silicon which is open for free passage from that front face to a base 2 is formed in 1st epitaxial layer 3a.

[0027] And after etching removes an oxide film 13, as shown in drawing 3 (a), silicon oxide 14 is formed in the front face of 1st epitaxial layer 3a. Then, opening 14a corresponding to an oxide film 14 is formed with said diffusion layer 4 by performing photo etching to this oxide film 14. And to opening 14a to 1st epitaxial layer 3a, by an ion implantation etc., boron is driven in and thermal diffusion of the boron is carried out further. Consequently, a diffusion layer 4 is formed in the front face of 1st epitaxial layer 3a.

[0028] Then, after etching removes an oxide film 14, as shown in drawing 3 (b), 2nd epitaxial layer 3b is formed in the front face of 1st epitaxial layer 3a by carrying out epitaxial growth of the n mold single crystal silicon again. In addition, in this operation gestalt, it is set up within the limits of 5-20 micrometers about the thickness of 2nd epitaxial layer 3b as well as 1st epitaxial layer 3a.

[0029] Subsequently, as shown in drawing 4 (a), silicon oxide 15 is formed in the front face of 2nd epitaxial layer 3b. Then, opening 15a corresponding to an oxide film 15 is formed with said isolation layer 11b by performing photo etching to this oxide film 15. And to this opening 15a to 2nd epitaxial layer 3b, by an ion implantation etc., boron is driven in and thermal diffusion of the boron is carried out further. Consequently, isolation layer 11b which consists of p mold single crystal silicon which is open for free passage from that front face to isolation layer 11a is formed in 2nd epitaxial layer 3b.

[0030] And after etching removes an oxide film 15, as shown in drawing 1 (a), the passivation film 5, such as silicon oxide, is formed in the front face of 2nd epitaxial layer 3b and isolation layer 11b. Then, photo etching is performed to this passivation film 5, and opening 5a which is open for free passage on the passivation film 5 at said 2nd epitaxial layer 3b, and opening 5b which is open for free passage to isolation layer 11b are formed. Subsequently, after performing sputtering or vacuum deposition of aluminum to the exposed surface of 2nd epitaxial layer 3b, and the exposed surface of isolation layer 11b, electrodes 6 and 7 are formed by performing a photolithography, respectively. Isolation layer 11b and the isolated electrode 6 are joined to 2nd epitaxial layer 3b by this, and 2nd epitaxial layer 3b and the isolated electrode 7 are joined to isolation layer 11b.

[0031] Therefore, in the photograph IC 1 constituted in this way, it becomes a laminated structure containing the euphotic zone which a light sensing portion 12 becomes from 1st epitaxial layer 3a according to a diffusion layer 4, and the euphotic zone which consists of 2nd epitaxial layer 3b. For this reason, the plane-of-composition

**THIS PAGE BLANK** (USP 1)

product of an anode and a cathode increases rather than said conventional photodiode 51. Usually, the light-receiving sensibility of a photograph device may come to be proportional to the touch area of an anode and a cathode. For this reason, according to the photograph IC 1 of this operation gestalt, the amount in which a photocurrent (sensibility current) flows will increase. Consequently, the S/N ratio which is a ratio of the dark current and a photocurrent can improve, and the sensibility of a photograph IC 1 can be raised.

[0032] Therefore, according to this operation gestalt, the following effectiveness can be acquired.

(1) The diffusion layer 4 is laid underground between each epitaxial layer 3a used as a light sensing portion 12, and 3b. For this reason, the light sensing portion 12 is in the condition that the laminating of the two euphotic zones was carried out in the thickness direction of a base 2. Therefore, compared with that whose light sensing portion 12 is uni-layer body, as for this photograph IC 1, the touch area between an anode (a base 2, the isolation layers 11a and 11b, and buried layer) and a cathode (light sensing portion 12) increases. Therefore, the photocurrent (sensibility current) which flows between anode cathodes increases. Consequently, according to this photograph IC 1, a S/N ratio can be raised and light-receiving sensibility can be raised.

[0033] (2) The thickness of the 1st and 2nd epitaxial layers 3a and 3b is set up within the limits of 5-20 micrometers. For this reason, the incidence of the light to these epitaxial layers 3a and 3b can fully be secured, and lowering of the light-receiving sensibility resulting from the thickness of epitaxial layers 3a and 3b can be prevented certainly.

[0034] (3) With this operation gestalt, since the isolation layers 11a and 11b are formed in the base 2, the part surrounded by the isolation layers 11a and 11b in the 1st and 2nd epitaxial layers 3a and 3b can be operated as a photodiode. And other components (for example, a photo transistor, a transistor, etc.) can be formed in the exterior of these isolation layers 11a and 11b.

[0035] In addition, this 1st operation gestalt may be changed as follows.

- With said operation gestalt, the isolation layers 11a and 11b are formed according to an individual to each epitaxial layers 3a and 3b. However, as shown in drawing 5, these isolation layers 11a and 11b may be changed into the isolation layer 11 which is open for free passage from the front face of 2nd epitaxial layer 3b to a base 2. In this case, the manufacture procedure of a photograph IC 1 forms a diffusion layer 4 in the front face of this epitaxial layer 3a, after forming 1st epitaxial layer 3a in the front face of a base 2 first, as shown in drawing 6 (a). Then, as shown in drawing 6 (b), 2nd epitaxial layer 3b is formed. And as shown in drawing 6 (c), the isolation layer 11 which is open for free passage from the front face of 2nd epitaxial layer 3b to a base 2 is formed.

[0036] If it does in this way, a production process can be simplified compared with the photograph IC 1 of the 1st operation gestalt.

(The 2nd operation gestalt) Next, the 2nd operation gestalt which materialized the semi-conductor photograph device of this invention at Photograph IC is explained based on drawing 7 and drawing 8. In addition, in this operation gestalt, it only supposes that it is to mainly describe the point which is different from the 1st operation gestalt, and to attach the same member number about a common point, and the explanation is omitted.

[0037] As shown in drawing 7 (a), the diffusion layer 16 to which the photograph IC 1 of this operation gestalt becomes the front face of 2nd epitaxial layer 3b from a p type semiconductor in addition to the configuration of the photograph IC 1 of said 1st operation gestalt is formed.

[0038] This diffusion layer 16 is opened for free passage and formed in isolation layer 11b. Moreover, window part 16a is prepared in this diffusion layer 16 so that it may combine with drawing 7 (b) and may be shown. As for this window part 16a, nothing and one side are set as die length L2 in the shape of an abbreviation square. Fellow student section 16a is prepared in said electrode 6 and the corresponding location. Therefore, it exposes to a front face only from window part 16a, and 2nd epitaxial layer 3b is joined to the electrode 6. Namely, 2nd epitaxial layer 3b is in the condition that only the connection with an electrode 6 exposed to the front face. In addition, in this operation gestalt, die length L2 is set as 12.5 micrometers.

[0039] Next, the manufacture procedure of the photograph IC 1 of this operation gestalt is explained. First, as said 1st operation gestalt described, each process shown in drawing 2 - drawing 4 is performed one by one. And after removing the silicon oxide 15 shown in drawing 4, as shown in drawing 8 R> 8, silicon oxide 17 is formed in the front face of 2nd epitaxial layer 3b. Then, opening 17a corresponding to an oxide film 17 is formed with said diffusion layer 16 by performing photo etching to this oxide film 17. Then, to opening 17a to 2nd epitaxial layer 3b, by an ion implantation etc., boron is driven in and thermal diffusion of the boron is carried out further. Consequently, a diffusion layer 16 is formed in the front face of 2nd epitaxial layer 3b.

[0040] And after etching removes an oxide film 17, as shown in drawing 7 (a), the passivation film 5, such as silicon oxide, is formed in 2nd epitaxial layer 3b, isolation layer 11b, and the front face of a diffusion layer 16. Then, photo etching is performed to this passivation film 5, and opening 5a which is open for free passage on the passivation film 5 at said 2nd epitaxial layer 3b, and opening 5b which is open for free passage to isolation layer 11b are formed. Subsequently, after performing sputtering or vacuum deposition of aluminum to the exposed

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

surface of 2nd epitaxial layer 3b, and the exposed surface of isolation layer 11b, electrodes 6 and 7 are formed by performing a photolithography, respectively. A diffusion layer 16 and the isolated electrode 6 are joined to 2nd epitaxial layer 3b by this, and 2nd epitaxial layer 3b and the isolated electrode 7 are joined to isolation layer 11b. [0041] Therefore, in the photograph IC 1 constituted in this way, it becomes a laminated structure containing the euphotic zone which a light sensing portion 12 becomes from 1st epitaxial layer 3a according to a diffusion layer 4, and the euphotic zone which consists of 2nd epitaxial layer 3b. For this reason, the plane-of-composition product of an anode and a cathode increases rather than said conventional photodiode 51. And since the diffusion layer 16 is formed in the front face of 2nd epitaxial layer 3b, the plane-of-composition product of an anode and a cathode will increase more, and the amount in which a photocurrent (sensibility current) flows will increase more.

[0042] Furthermore, the area of the light sensing portion 12 exposed to a front face according to a diffusion layer 16 is small. For this reason, the circumferential die length for the joint of the anode and cathode which are exposed to a front face (a part for i.e., the joint of 2nd epitaxial layer 3b and a diffusion layer 16) is also short. With this operation gestalt, die length of one side of the light sensing portion 12 exposed to a front face is set as L2. Therefore, the circumferential die length for this joint turns into die length 4 times the die length of L2. And the circumferential die length of this joint is set as the die length of the quadrant of the circumference (die length 4 times the die length of L1) of the light sensing portion 12 exposed to a front face in said 1st operation gestalt. For this reason, the amount which the dark current generates decreases a quadrant grade.

[0043] These results, a S/N ratio improves more and the sensibility of a photograph IC 1 improves more. Therefore, according to this operation gestalt, in addition to the effectiveness of a publication, the following effectiveness can be acquired to above-mentioned (1) - (3) in said 1st operation gestalt.

[0044] (4) Since the diffusion layer 16 is formed in the front face of 2nd epitaxial layer 3b, only in the plane-of-composition integral of 2nd epitaxial layer 3b and a diffusion layer 16, the plane-of-composition product between anode cathodes increases. Therefore, a photocurrent (sensibility current) comes to flow further from the photograph IC 1 of said 1st operation gestalt.

[0045] And 2nd epitaxial layer of 12 casks of light sensing portions 3b is in the condition that only the connection with an electrode 6 exposed to the front face. Therefore, the amount of [ between the anode cathodes exposed to a front face ] joint decreases. Therefore, the yield of the dark current can be reduced.

[0046] These results, a S/N ratio can be raised more and the sensibility of a photograph IC 1 can be raised more.

(The 3rd operation gestalt) Next, the 3rd operation gestalt which materialized the semi-conductor photograph device of this invention to the photodiode is explained based on drawing 9 - drawing 11 .

[0047] As shown in drawing 9 (a) and (b), the photodiode 21 as a semi-conductor photograph device consists of a base 22, a light sensing portion 23, passivation film 24, and two electrodes 25 and 26.

[0048] The base 22 consists of substrate 22a which consists of n mold single crystal silicon of field bearing (110) as the 1st conductivity-type semi-conductor, and epitaxial layer 22b which consists of n mold single crystal silicon formed in the front face of the substrate 22a of epitaxial growth.

[0049] A light sensing portion 23 is bottom embedded euphotic zone (bottom euphotic zone) 23a and an upside embedded euphotic zone (it has upside euphotic zone 23b and diffusion layer 23c.). Each class 23a-23c is formed with p mold single crystal silicon as the 2nd conductivity-type semi-conductor, respectively. Bottom euphotic zone 23a is laid underground between substrate 22a and epitaxial layer 22b. Upside euphotic zone 23b is laid under the front face of epitaxial layer 22b. As shown in drawing 9 (b), each euphotic zones 23a and 23b are making the shape of an abbreviation square by which one side was set as die length L1 by plane view, respectively. Between each euphotic zone 23a and 23b, diffusion layer 23c is open for free passage, and is formed. In addition, the passivation film 24 and an electrode 25 are omitted, and drawing 9 (b) has shown.

[0050] The passivation film 24 consists of insulator layers, such as silicon oxide and a silicon nitride, and is formed in the front face of epitaxial layer 22b. That is, insulation protection of the front face of epitaxial layer 22b is carried out with the passivation film 24. Moreover, the electrode 25 which consists of metals, such as aluminum, is formed in some passivation film 24. This electrode 25 is joined to diffusion layer 23c in the condition of having insulated with epitaxial layer 22b. Moreover, the electrode 26 is joined to the rear face of substrate 22a.

[0051] Therefore, a light sensing portion 23 serves as an anode, and, as for the photodiode 21 constituted in this way, a base 22 serves as a cathode. A power source is connected to each electrodes 25 and 26 at the time of the activity of this photodiode 21. In detail, minus is connected to an electrode 25 and plus is connected to an electrode 26. That is, reverse voltage is impressed to a photodiode 21. If light carries out incidence to the plane of composition of an anode and a cathode in this condition, that light energy will be absorbed, back EMF will be produced, and a reverse current will flow between anode cathodes.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[0052] Next, the manufacture procedure of the photodiode 21 of this operation gestalt is explained according to drawing 10 and drawing 11. First, as shown in drawing 10 (a), silicon oxide 27 is formed in the front face of substrate 22a. Then, opening 27a corresponding to this oxide film 27 is formed with said bottom euphotic zone 23a by performing photo etching to an oxide film 27.

[0053] Subsequently, as shown in drawing 10 (b), to substrate 22a, by an ion implantation etc., boron is driven in from opening 27a and thermal diffusion of the boron is carried out further. Consequently, bottom euphotic zone 23a is formed in the predetermined field of the front face of substrate 22a.

[0054] Then, after etching removes an oxide film 27, as shown in drawing 11 (a), epitaxial layer 22b is formed by making the front face of substrate 22a carry out epitaxial growth of the n mold single crystal silicon.

Consequently, while bottom euphotic zone 23a will be in the condition of having been embedded between substrate 22a and epitaxial layer 22b, the base 22 which consists of substrate 22a and epitaxial layer 22b is formed. In addition, in this operation gestalt, the thickness of epitaxial layer 22b is set as 5-20 micrometers.

[0055] Next, as shown in drawing 11 (b), silicon oxide 28 is formed in the front face of epitaxial layer 22b. Then, opening 28a corresponding to this oxide film 28 is formed with said diffusion layer 23c by performing photo etching to this oxide film 28. And to this opening 28a to epitaxial layer 22b, by an ion implantation etc., boron is driven in and thermal diffusion of that boron is carried out further. Consequently, diffusion layer 23c which is open for free passage from that front face to bottom euphotic zone 23a is formed in epitaxial layer 22b.

[0056] Subsequently, after etching removes an oxide film 28, as shown in drawing 11 (c), silicon oxide 29 is again formed in the front face of epitaxial layer 22b. Then, opening 29a corresponding to this oxide film 29 is formed with said upside euphotic zone 23b by performing photo etching to this oxide film 29. And to this opening 29a to epitaxial layer 22b, by an ion implantation etc., boron is driven in and thermal diffusion of that boron is carried out further. Consequently, upside euphotic zone 23b which is open for free passage from that front face to diffusion layer 23c is formed in epitaxial layer 22b.

[0057] And after etching removes an oxide film 29, as shown in drawing 9 (a), the passivation film 24, such as silicon oxide, is formed in the front face of epitaxial layer 22b and upside euphotic zone 23b. Then, photo etching is performed to this passivation film 24, and opening 24a which is open for free passage on the passivation film 24 at said upside euphotic zone 23b is formed. Subsequently, after performing sputtering or vacuum deposition of aluminum to the exposed surface of upside euphotic zone 23b, an electrode 25 is formed by performing a photolithography. Thereby, epitaxial layer 22b and the isolated electrode 25 are joined to upside euphotic zone 23b.

[0058] Therefore, in the photodiode 21 constituted in this way, the laminated structure by which two euphotic zones 23a and 23b were accumulated up and down into the base 22 is made. For this reason, the plane-of-composition product of an anode and a cathode increases rather than said conventional photodiode 51. In detail, in addition to the top face of bottom euphotic zone 23a, in said conventional photodiode 51, the peripheral face of diffusion layer 23c and the underside of upside euphotic zone 23b also contact a base 2 in this photodiode 1 to the contact section of a light sensing portion 53 and a substrate 52 having been only the underside of a light sensing portion 53. For this reason, that touch area will increase by about about 3 times. Therefore, the amount in which a photocurrent (sensibility current) flows will increase. Consequently, a S/N ratio improves and the sensibility of a photodiode 21 improves by about 3 times.

[0059] Therefore, according to this operation gestalt, in addition to the effectiveness of a publication, the following effectiveness can be acquired to the above (1) in said 1st operation gestalt, and (2).

(5) The light sensing portion 23 is constituted by the laminating structure which consists of bottom euphotic zone 23a, upside euphotic zone 23b, and diffusion layer 23c. And this light sensing portion 23 is laid underground in the base 22, where the top face of upside euphotic zone 23b is exposed. for this reason, bottom euphotic zone 23a and diffusion layer 23c --- the whole surface and the underside of upside euphotic zone 23b can be mostly contacted to a base 2. That is, the touch area between anode cathodes can be increased. Therefore, a photocurrent can be increased, a S/N ratio can be raised and the sensibility of a photodiode 21 can be raised. (The 4th operation gestalt) Next, the 4th operation gestalt which materialized the semi-conductor photograph device of this invention to the photodiode is explained based on drawing 12 and drawing 13. In addition, in this operation gestalt, it only supposes that it is to mainly describe the point which is different from the 3rd operation gestalt, and to attach the same member number about a common point, and the explanation is omitted.

[0060] As shown in drawing 12 (a), as for the photodiode 21 of this operation gestalt, in addition to the configuration of the photodiode 21 of said 3rd operation gestalt, epitaxial layer 22c and 23d of diffusion layers are further formed in the front face of said epitaxial layer 22b.

[0061] In detail, as shown in this drawing, the base 22 consists of said substrate 22a, said epitaxial layer (1st epitaxial layer) 22b, and 2nd epitaxial layer 22c. That is, the base 22 is equipped with the epitaxial layered

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



product. 2nd epitaxial layer 22c is formed by making the front face of 1st epitaxial layer 22b carry out epitaxial growth of the n mold single crystal silicon. For this reason, said upside euphotic zone 23b is in the condition of having been laid underground between 1st epitaxial layer 22b and 2nd epitaxial layer 22c.

[0062] Moreover, the light sensing portion 23 consists of bottom euphotic zone 23a, upside euphotic zone 23b, diffusion layer (bottom diffusion layer) 23c, and 23d of upside diffusion layers. 23d of upside diffusion layers is opened for free passage and formed in upside euphotic zone 23b from this epitaxial layer 22c front face in 2nd epitaxial layer 22c. As shown in drawing 12 (b), as for 23d of besides side diffusion layers, nothing and one side are set as die length L2 in the shape of an abbreviation square by plane view. Moreover, 23d of side diffusion layers same as the above is formed in said electrode 25 and the corresponding location. Therefore, only 23d of upside diffusion layers is exposed to the front face of 2nd epitaxial layer 22c, and it is joined to the electrode 25. That is, only the connection with the electrode 25 in a light sensing portion 23 has exposed to the front face of a base 22.

[0063] Therefore, as for the photodiode 21 constituted in this way, like said 3rd operation gestalt, a light sensing portion 23 serves as an anode, and a base 22 serves as a cathode. And if light carries out incidence to the plane of composition of an anode and a cathode where reverse voltage is impressed to this photodiode 21, that light energy will be absorbed, back EMF will be produced, and a reverse current will flow between anode cathodes.

[0064] Next, the manufacture procedure of the photodiode 21 of this operation gestalt is explained according to drawing 13. First, as said 3rd operation gestalt described, each process shown in drawing 10 and drawing 11 is performed one by one. And after removing the silicon oxide 29 shown in drawing 11 (c), as shown in drawing 13 (a), 2nd epitaxial layer 22c is formed by making the front face of 1st epitaxial layer 22b carry out epitaxial growth of the n mold single crystal silicon further.

[0065] Then, silicon oxide 30 is formed in the front face of the 2nd epitaxial layer 22c. Then, opening 30a corresponding to this oxide film 30 is formed with 23d of said upside diffusion layers by performing photo etching to an oxide film 30.

[0066] Subsequently, to this opening 30a to 2nd epitaxial layer 22c, by an ion implantation etc., boron is driven in and thermal diffusion of that boron is carried out further. Consequently, 23d of upside diffusion layers which are open for free passage from that front face to upside euphotic zone 23b is formed in 2nd epitaxial layer 22c.

[0067] And after etching removes an oxide film 30, as shown in drawing 12 (a), said passivation film 24 is formed in the front face of 2nd epitaxial layer 22c and 23d of upside diffusion layers. Then, photo etching is performed to this passivation film 24, and opening 24a which is open for free passage on the passivation film 24 at 23d of said upside diffusion layers is formed. Subsequently, said electrode 25 is formed in the exposed surface of 23d of upside diffusion layers. Thereby, the isolated electrode 25 is joined to 2nd epitaxial layer 22c by 23d of upside diffusion layers.

[0068] Therefore, in the photodiode 21 constituted in this way, the laminated structure by which two euphotic zones 23a and 23b were accumulated up and down into the base 22 is made like said 3rd operation gestalt. For this reason, the plane-of-composition product of an anode and a cathode increases rather than said conventional photodiode 51. And in this operation gestalt, since both the euphotic zones 23a and 23b are laid underground in the base 22, it is in contact with the base 22 in the top-face side of upside euphotic zone 23b. Therefore, the plane-of-composition product of an anode and a cathode will increase more, and the amount in which a photocurrent (sensibility current) flows will increase more.

[0069] Furthermore, in the front face of 2nd epitaxial layer 22c, it is in the condition that only 23d of upside diffusion layers was exposed. For this reason, the circumferential die length for the joint of the anode and cathode which are exposed to a front face (a part for i.e., a 2nd epitaxial layer 22c and 23d [ of diffusion layers ] joint) is also short. Therefore, the yield of the dark current can be reduced.

[0070] These results, a S/N ratio improves more and the sensibility of a photograph IC 1 improves more. Therefore, according to this operation gestalt, in addition to the effectiveness of a publication, the following effectiveness can be acquired to the above (1) in said \*\*\*\* operation gestalt, (2), and (5).

[0071] (6) A light sensing portion 23 is in the condition that only 23d of upside diffusion layers as an electrode connection was exposed to the front face of 2nd epitaxial layer 22c, and is laid underground in the base 22. For this reason, the top-face side of upside euphotic zone 23b can also be contacted to 2nd epitaxial layer of cathode slack 22c. Therefore, since the plane-of-composition product between anode cathodes increases more, a photocurrent (sensibility current) comes to flow further rather than the photodiode 21 of said 3rd operation gestalt.

[0072] And since the amount of [ of the anode and cathode which are exposed to the front face of 2nd epitaxial layer 22c ] joint decreases compared with said 3rd operation gestalt, the yield of the dark current can be reduced.

[0073] These results, a S/N ratio can be raised more and the sensibility of a photodiode 21 can be raised more.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE

In addition, the operation gestalt of this invention may be changed as follows.

[0074] – With said 1st and 2nd operation gestalt, the layered product by the euphotic zone which consists of the 1st and 2nd epitaxial layers 3a and 3b is used as a light sensing portion 12. If it puts in another way, the light sensing portion 12 consists of two-layer layered products. However, this light sensing portion 12 is not restricted to a two-layer layered product. For example, as shown in drawing 14, while forming 3rd epitaxial layer 3c in the front face of 2nd epitaxial layer 3b further, isolation layer 11c and a diffusion layer 31 are formed in this 3rd epitaxial layer 3c. And the layered product of three layers which contains this 3rd epitaxial layer 3c as a euphotic zone may constitute a light sensing portion 12. If it does in this way, the light-receiving sensibility of a photograph IC 1 can be raised further. Moreover, a light sensing portion 12 may consist of layered products of four or more layers.

[0075] – With said 3rd and 4th operation gestalt, the light sensing portion 23 which serves as a two-layer layered product by bottom euphotic zone 23a and upside euphotic zone 23b is used. However, this light sensing portion 23 is not restricted to a two-layer layered product. For example, as shown in drawing 15, euphotic zone 23e is further formed in the front face of 2nd epitaxial layer 22c. And the layered product containing this euphotic zone 23e of three layers may constitute a light sensing portion 23. If it does in this way, the light-receiving sensibility of a photodiode 21 can be raised further. Moreover, a light sensing portion 23 may consist of layered products of four or more layers.

[0076] – The photodiode is formed in a photograph IC 1 with said 1st and 2nd operation gestalt. However, it may replace with this and a photo transistor may be formed. Moreover, the photodiode 21 materialized with said 3rd and 4th operation gestalt may be materialized to a photo transistor. In addition, shape may be taken to photo detectors for optical communication, such as not only a photo transistor but an PIN photodiode, and an avalanche photodiode, a photo transistor, a photo thyristor, etc.

[0077] – Although the 1st conductivity-type semi-conductor is used as n mold single crystal silicon and the 2nd conductivity-type semi-conductor is used as p mold single crystal silicon with said 1st and 2nd operation gestalt, it is good also considering these as reverse. That is, p mold single crystal silicon and the 2nd conductivity-type semi-conductor may be materialized for the 1st conductivity-type semi-conductor as n mold single crystal silicon.

[0078] Moreover, although the 1st conductivity-type semi-conductor is used as p mold single crystal silicon and the 2nd conductivity-type semi-conductor is used as n mold single crystal silicon with said 3rd and 4th operation gestalt, it is good also considering these as reverse. That is, n mold single crystal silicon and the 2nd conductivity-type semi-conductor may be materialized for the 1st conductivity-type semi-conductor as p mold single crystal silicon.

[0079] – Substrate 22a in said 3rd and 4th operation gestalt is not limited to the substrate of field bearing (110). That is, a substrate, a substrate (100), etc. may be used as substrate 22a, for example (111).

[0080] – The ingredient which forms each electrodes 6, 7, 25, and 26 is not limited to aluminum. That is, gold etc. may be used.

– With said 1st and 2nd operation gestalt, although epitaxial layers 3a and 3b are formed with n mold single crystal silicon, it may replace with this, for example, you may form with n mold polycrystalline silicon and an amorphous silicon.

[0081] – Although epitaxial layers 3a–3c and the thickness of 22b and 22c are set as 5–20 micrometers with said each operation gestalt, this thickness should just be within the limits of 1–30 micrometers.

[0082] Next, the technical thought grasped according to the operation gestalt mentioned above is enumerated below with the effectiveness besides the technical thought indicated by the claim.

(1) In the semi-conductor photograph device according to claim 2, the exposed surface of said euphotic zone should be set as magnitude equivalent to the electrode joined to the exposed surface. It becomes possible [ the junction nature of a diffusion layer and an electrode ] to maintain good, controlling generating of the dark current by setting the exposed surface of a diffusion layer as magnitude indispensable for junction to an electrode according to invention given in this technical thought (1).

[0083] (2) In a semi-conductor photograph device according to claim 3, said 1st conductivity-type semi-conductor should consist of a p type semiconductor, and said 2nd conductivity-type semi-conductor should consist of a n-type semiconductor.

(3) In a semi-conductor photograph device according to claim 4, said 1st conductivity-type semi-conductor should consist of a n-type semiconductor, and said 2nd conductivity-type semi-conductor should consist of a p type semiconductor.

[0084] (4) In a semi-conductor photograph device given in claims 1–4 and any 1 term of technical thought (1) – (3), the semi-conductor photograph device concerned should be the photograph IC including the function of a photodiode, or the photodiode itself.



[0085] (5) In a semi-conductor photograph device given in claims 1-4 and any 1 term of technical thought (1) - (4), said 1st and 2nd conductivity-type semi-conductor should be silicon.

[0086]

[Effect of the Invention] As explained in full detail above, according to invention according to claim 1 to 4, light-receiving sensibility can be raised.

[0087] According to invention according to claim 2, the yield of the dark current can be reduced and light-receiving sensibility can be raised more.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] For (a), the sectional view showing the 1st operation gestalt which materialized the semi-conductor photograph device of this invention at Photograph IC, and (b) are the top view of the photograph IC of this operation gestalt.

[Drawing 2] (a) and (b) are the sectional view showing the manufacture procedure of the photograph IC of this operation gestalt.

[Drawing 3] (a) and (b) are the sectional view showing the manufacture procedure of the photograph IC of this operation gestalt.

[Drawing 4] The sectional view showing the manufacture procedure of the photograph IC of this operation gestalt.

[Drawing 5] The sectional view of the photograph IC of other operation gestalten.

[Drawing 6] (a) - (c) is the sectional view showing the manufacture procedure of the photograph IC of this operation gestalt.

[Drawing 7] For (a), the sectional view showing the photograph IC of the 2nd operation gestalt and (b) are the top view of the photograph IC of this operation gestalt.

[Drawing 8] The sectional view showing the manufacture procedure of this operation gestalt.

[Drawing 9] For (a), the sectional view showing the 3rd operation gestalt which materialized the semi-conductor photograph device of this invention to the photodiode, and (b) are the top view of the photodiode of this operation gestalt.

[Drawing 10] (a) and (b) are the sectional view showing the manufacture procedure of the photodiode of this operation gestalt.

[Drawing 11] (a) - (c) is the sectional view showing the manufacture procedure of the photodiode of this operation gestalt.

[Drawing 12] For (a), the sectional view showing the photodiode of the 4th operation gestalt and (b) are the top view of the photodiode of this operation gestalt.

[Drawing 13] (a) and (b) are the sectional view showing the manufacture procedure of the photodiode of this operation gestalt.

[Drawing 14] The sectional view showing other operation gestalten which materialized the semi-conductor photograph device of this invention at Photograph IC.

[Drawing 15] The sectional view showing other operation gestalten which materialized the semi-conductor photograph device of this invention to the photodiode.

[Drawing 16] For (a), the outline sectional view showing the photodiode as a conventional semi-conductor photograph device and (b) are the outline top view.

## [Description of Notations]

1 [ -- A diffusion layer, 3a / -- The 1st epitaxial layer, 3b / -- The 2nd epitaxial layer, 11, 11a, 11b / -- 12 An isolation layer, 23 / -- A light sensing portion, 16 / -- A diffusion layer, 21 / -- A photodiode, 22a / -- A substrate, 22b / -- (the 1st) An epitaxial layer, 23a / -- A bottom euphotic zone, 23b / -- An upside euphotic zone, 23c, 23d / -- Diffusion layer. ] -- 2 Photograph IC, 22 -- A base, 3 -- An epitaxial layered product, 4

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USP 10,**



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-53330

(P2001-53330A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H01L 31/10

識別記号

F I

H01L 31/10

テームト\* (参考)

A 5 F 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-224567

(22) 出願日 平成11年8月6日 (1999.8.6)

(71) 出願人 000003551

株式会社東海理化電機製作所

愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地

(72) 発明者 皆川 亨

愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地

株式会社東海理化電機製作所内

(72) 発明者 岩田 仁

愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地

株式会社東海理化電機製作所内

(74) 代理人 100068755

弁理士 恩田 博宜 (外1名)

Fターム (参考) 5F049 MA02 MB12 NA01 NA05 PA09

PA10 QA07 QA12 QA15 RA06

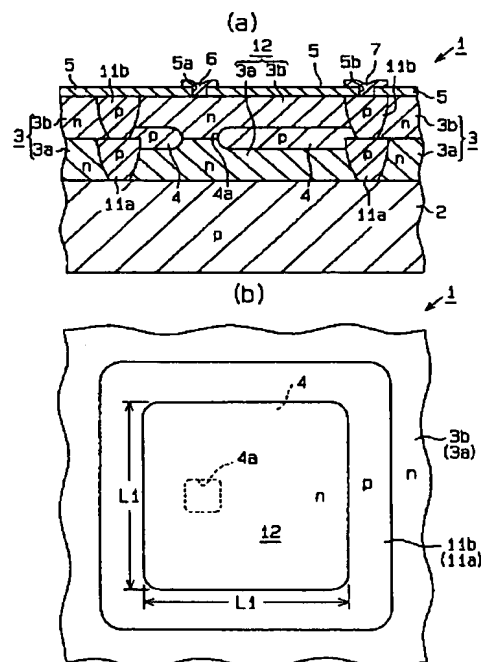
SED5 SS03 SZ12 SZ13

(54) 【発明の名称】 半導体フォトデバイス

(57) 【要約】

【課題】感度を向上させることができる半導体フォトデバイスを提供する。

【解決手段】フォトIC1は、基体2、エピタキシャル積層体3、拡散層4、パッシベーション膜5、及び2つの電極6、7から構成されている。エピタキシャル積層体3は、基体2の表面に形成された第1エピタキシャル層3aと、その第1エピタキシャル層3a上に積層された第2エピタキシャル層3bとから構成されている。各エピタキシャル層3a、3bの所定箇所には、それぞれアイソレーション層11a、11bが形成されている。受光部12は、アイソレーション層11a、11bによって包囲された各エピタキシャル層3a、3bの特定領域によって構成されている。受光部12における各エピタキシャル層3a、3bの接合面には、拡散層4が形成されている。これにより、受光部12は、積層構造をなした状態となっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型半導体からなる基体の表層部に第2導電型半導体からなる受光部を備え、その受光部に光が入射することによって光起電力を発生する半導体フォトデバイスにおいて、前記受光部は、前記基体の厚さ方向に積層された複数の受光層を含んで構成されていることを特徴とする半導体フォトデバイス。

【請求項2】 最表部に位置する受光層は、電極接続部のみが外表面に露出していることを特徴とする請求項1に記載の半導体フォトデバイス。

【請求項3】 前記基体上に、エピタキシャル成長によって形成された第2導電型半導体からなるエピタキシャル層を有し、

前記受光部は、第1導電型半導体からなるアイソレーション層によって包囲された前記エピタキシャル層の特定領域であり、同領域内にある前記受光層の間には、前記エピタキシャル層内に埋設された第1導電型半導体からなる拡散層が介在されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体フォトデバイス。

【請求項4】 前記基体は、第1導電型半導体からなる基板と、その基板の上にエピタキシャル成長によって形成された第1導電型半導体からなるエピタキシャル層とを有し、

前記受光部は、前記基板と前記エピタキシャル層との間に埋設された第2導電型半導体からなる下側埋込受光層と、その下側埋込受光層の上方において前記エピタキシャル層内に埋設された上側埋込受光層と、両埋込受光層同士を連通すべく形成された拡散層とを備えることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体フォトデバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、フォトダイオードやフォトトランジスタ等の半導体フォトデバイスに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、光信号を電気信号に変換する素子として、フォトダイオードやフォトトランジスタ等の半導体フォトデバイスが知られている。

【0003】例えばフォトダイオードは、図16(a)に示すような内部構造を有している。同図に示すフォトダイオード51は、基板52、受光部53、シリコン酸化膜等のパッシベーション膜54、及び電極55、56から構成されている。

【0004】基板52はn型半導体からなり、受光部53は、この基板52の表面に不純物拡散されて形成されたp型半導体によって構成されている。また、基板52の表面にはパッシベーション膜54及び電極55が形成され、同基板52の裏面には電極56が形成されてい

る。

【0005】こうしたフォトダイオード51においては、受光部53に光が入射すると、その光エネルギーを吸収して基板52との接合部(PNジャンクション部)に光起電力が発生する。したがって、光が入射したときには、電極55と電極56との間に電流が流れることとなる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、基板52の表面はパッシベーション膜54によって保護されているものの、図16(a)に拡大して示すように、基板52と受光部53との接合部において基板52の表面に露出した接合部分57の半導体の結晶連続性は損なわれやすい。このため、同接合部分57には、他の接合部分に比べて暗電流(光が入射していなくても発生しているリーク電流)が流れやすくなる。そして、こうした暗電流が多いと、光電流(光が入射することによって発生する電流)との比(S/N比)が悪化することとなり、効率や性能が低下してしまう。したがって、こうしたS/N比を向上させて、感度を向上させることが望まれている。

【0007】しかしながら、前記フォトダイオード51においては、図16(b)に示すように、基板52と受光部53との接合部が、受光部53の周長さ分、すなわち同図に示すL1の4倍の長さだけ基板52の表面に露出している。したがって、このフォトダイオード51においては、受光部53の周長さ分だけ暗電流が発生することとなる。また、光電流はPNジャンクション部の面積に応じてその発生量が決まる。しかし、フォトダイオード51のPNジャンクション部は受光部53の下面側領域のみとなっているため、十分に光電流を発生させることができない。

【0008】こうした要因から従来のフォトダイオード51では、充分なS/N比を得ることができず、充分な感度を得ることができなかった。特に、高温状況下においては、暗電流が発生しやすくなるため、フォトデバイスとしての機能を果たさなくなるおそれがあった。

【0009】本発明はこうした実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、感度を向上させることができる半導体フォトデバイスを提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、請求項1に記載の発明では、第1導電型半導体からなる基体の表層部に第2導電型半導体からなる受光部を備え、その受光部に光が入射することによって光起電力を発生する半導体フォトデバイスにおいて、前記受光部は、前記基体の厚さ方向に積層された複数の受光層を含んで構成されていることを要旨とする。

【0011】請求項2に記載の発明では、請求項1に記載の半導体フォトデバイスにおいて、最表部に位置する受光層は、電極接続部のみが外表面に露出していること

を要旨とする。

【0012】請求項3に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の半導体フォトデバイスにおいて、前記基体上に、エピタキシャル成長によって形成された第2導電型半導体からなるエピタキシャル層を有し、前記受光部は、第1導電型半導体からなるアイソレーション層によって包囲された前記エピタキシャル層の特定領域であり、同領域内にある前記受光層の間には、前記エピタキシャル層内に埋設された第1導電型半導体からなる拡散層が介在されていることを要旨とする。

【0013】請求項4に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の半導体フォトデバイスにおいて、前記基体は、第1導電型半導体からなる基板と、その基体上にエピタキシャル成長によって形成された第1導電型半導体からなるエピタキシャル層とを有し、前記受光部は、前記基板と前記エピタキシャル層との間に埋設された第2導電型半導体からなる下側埋込受光層と、その下側埋込受光層の上方において前記エピタキシャル層内に埋設された上側埋込受光層と、両埋込受光層同士を連通

すべく形成された拡散層とを備えることを要旨とする。

【0014】以下、本発明の「作用」について説明する。請求項1に記載の発明によると、受光部は、基体の厚さ方向に積層された複数の受光層を含んで構成されている。すなわち、受光部は積層体によって構成されている。このため、受光部が単層体であるものに比べて基体と受光部との間の接触面積が増大し、光電流（感度電流）が増える。よって、 $S/N$ 比を向上させることができ、受光感度を向上させることができる。

【0015】請求項2に記載の発明によると、最表部に位置する受光層は、電極接続部のみが外表面から露出している。このため、アノード・カソード間の接合部分が表面に露出する量は減少する。よって、暗電流の発生量を減少させることができ、 $S/N$ 比を向上させることができる。よって、受光感度を向上させることができる。

【0016】請求項3に記載の発明によると、基体上には、エピタキシャル成長によって形成された第2導電型半導体からなるエピタキシャル層が形成されている。そして、このエピタキシャル層にはアイソレーション層が形成され、そのアイソレーション層に包囲された特定領域を受光部としている。さらに、受光部内に拡散層を介在させることによって、受光部を複数の受光層からなる積層体としている。このため、受光部とアイソレーション層及び拡散層との間の接合面積が増大し、光電流（感度電流）が増える。よって、 $S/N$ 比を向上させることができ、受光感度を向上させることができる。

【0017】請求項4に記載の発明によると、受光部は、下側埋込受光層及び上側埋込受光層によって積層構造をなしている。このため、受光部と基体との間の接合面積が増大し、光電流（感度電流）が増える。よって、 $S/N$ 比を向上させることができ、受光感度を向上させ

ることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】（第1実施形態）以下、本発明の半導体フォトデバイスをフォトICに具体化した第1実施形態を図1～図4に基づき詳細に説明する。

【0019】図1(a)、(b)に示すように、半導体フォトデバイスとしてのフォトIC1は、基体2、エピタキシャル積層体3、拡散層4、パッシベーション膜5、及び2つの電極6、7から構成されている。

10 【0020】基体2は、第1導電型半導体としてのp型単結晶シリコンからなるシリコンウエハによって構成されている。エピタキシャル積層体3は、第2導電型半導体としてのn型単結晶シリコンによって形成されている。同積層体3は、基体2の表面にエピタキシャル成長によって形成された第1エピタキシャル層3aと、その第1エピタキシャル層3a上に積層された第2エピタキシャル層3bとから構成されている。

20 【0021】各エピタキシャル層3a、3bの所定箇所には、それぞれp型単結晶シリコンからなるアイソレーション層11a、11bが形成されている。アイソレーション層11aは、第1エピタキシャル層3aの表面から基体2に連通して形成されている。また、アイソレーション層11bは、第2エピタキシャル層3bの表面からアイソレーション層11aに連通して形成されている。各アイソレーション層11a、11bは、図1(b)に示すように、平面視で略正方形をなすリング状をなしている。このため、各エピタキシャル層3a、3bは、各アイソレーション層11a、11bによって分断されている。そして、この包囲された各エピタキシャル層3a、3bの特定領域によって受光部12が構成されている。なお、同図に示すように、受光部12は一边が長さL1に設定され、本実施形態において同長さL1は50 $\mu$ mに設定されている。

30 【0022】受光部12における各エピタキシャル層3a、3bの接合面には、p型単結晶シリコンからなる拡散層4が形成されている。この拡散層4は、各アイソレーション層11a、11bに連通して形成されている。また、同拡散層4の一部には、窓部4aが設けられている。これにより、受光部12は、積層構造をなした状態となっている。なお、図1(b)では、パッシベーション膜5及び各電極6、7を省略して示してある。

40 【0023】パッシベーション膜5は、シリコン酸化膜やシリコン窒化膜等の絶縁膜からなり、第2エピタキシャル層3bの表面に形成されている。すなわち、第2エピタキシャル層3bの表面はパッシベーション膜5によって絶縁保護されている。また、パッシベーション膜5において前記拡散層4の窓部4aと対応する箇所には、アルミニウム等の金属からなる電極6が形成されている。この電極6は第2エピタキシャル層3bに接合されている。また、アイソレーション層11bと対応する箇所

所には、アルミニウム等の金属からなる電極7が形成されている。同電極7は、第2エビタキシャル層3bと隔絶された状態でアイソレーション層11bに接合されている。

【0024】したがって、このように構成されたフォトIC1は、基体2、アイソレーション層11a、11b、及び拡散層4がアノードとなり、受光部12がカソードとなる。このフォトIC1の使用時には、各電極6、7に電源が接続される。詳しくは、電極6にプラス側が接続され、電極7にマイナス側が接続される。つまり、フォトIC1に対して逆電圧が印加される。この状態でアノードとカソードとの接合面に光が入射すると、その光エネルギーを吸収して逆起電力を生じて、アノード・カソード間に逆電流が流れる。このため、フォトIC1は、フォトダイオードとして機能する。

【0025】次に、本実施形態のフォトIC1の製造手順を図2～図4に従って説明する。まず、図2(a)に示すように、n型単結晶シリコンを基体2の表面にエビタキシャル成長させることにより、第1エビタキシャル層3aを形成する。なお、本実施形態において、第1エビタキシャル層3aの厚さは、5～20μmの範囲内に設定されている。

【0026】続いて、図2(b)に示すように、第1エビタキシャル層3aの表面にシリコン酸化膜13を形成する。その後、同酸化膜13に対してフォトリソエッチングを行うことによって、酸化膜13に前記アイソレーション層11aと対応した開口部13aを形成する。そして、同開口部13aから第1エビタキシャル層3aに対して、イオン注入等によってホウ素を打ち込み、さらにそのホウ素を熱拡散させる。この結果、第1エビタキシャル層3aには、その表面から基体2に連通するp型単結晶シリコンからなるアイソレーション層11aが形成される。

【0027】そして、エッチングによって酸化膜13を除去した後、図3(a)に示すように、第1エビタキシャル層3aの表面にシリコン酸化膜14を形成する。その後、同酸化膜14に対してフォトリソエッチングを行うことによって、酸化膜14に前記拡散層4と対応した開口部14aを形成する。そして、開口部14aから第1エビタキシャル層3aに対して、イオン注入等によってホウ素を打ち込み、さらにそのホウ素を熱拡散させる。この結果、第1エビタキシャル層3aの表面には、拡散層4が形成される。

【0028】続いて、エッチングによって酸化膜14を除去した後、図3(b)に示すように、第1エビタキシャル層3aの表面に、再びn型単結晶シリコンをエビタキシャル成長させることにより、第2エビタキシャル層3bを形成する。なお、本実施形態においては、第2エビタキシャル層3bの厚さについても、第1エビタキシャル層3aと同様に、5～20μmの範囲内に設定され

ている。

【0029】次いで、図4(a)に示すように、第2エビタキシャル層3bの表面にシリコン酸化膜15を形成する。その後、同酸化膜15に対してフォトリソエッチングを行うことによって、酸化膜15に前記アイソレーション層11bと対応した開口部15aを形成する。そして、同開口部15aから第2エビタキシャル層3bに対して、イオン注入等によってホウ素を打ち込み、さらにそのホウ素を熱拡散させる。この結果、第2エビタキシャル層3bには、その表面からアイソレーション層11aに連通するp型単結晶シリコンからなるアイソレーション層11bが形成される。

【0030】そして、エッチングによって酸化膜15を除去した後、図1(a)に示したように、第2エビタキシャル層3b及びアイソレーション層11bの表面にシリコン酸化膜等のパッシベーション膜5を形成する。その後、このパッシベーション膜5に対してフォトリソエッチングを行い、パッシベーション膜5に前記第2エビタキシャル層3bに連通する開口部5a、及びアイソレーション層11bに連通する開口部5bを形成する。次いで、第2エビタキシャル層3bの露出面、及びアイソレーション層11bの露出面に対してアルミニウムのスパッタリングまたは真空蒸着を行った後、フォトリソグラフィを行うことによって、それぞれ電極6、7を形成する。これにより、第2エビタキシャル層3bにはアイソレーション層11bと隔絶された電極6が接合され、アイソレーション層11bには第2エビタキシャル層3bと隔絶された電極7が接合される。

【0031】したがって、このように構成されたフォトIC1においては、拡散層4によって受光部12が、第1エビタキシャル層3aからなる受光層と第2エビタキシャル層3bからなる受光層とを含む積層構造となる。このため、前記従来のフォトダイオード51よりもアノードとカソードとの接合面積が増大する。通常、フォトデバイスの受光感度はアノードとカソードとの接触面積に比例して良くなる。このため、本実施形態のフォトIC1によれば、光電流(感度電流)が流れる量が増大することとなる。その結果、暗電流と光電流との比であるS/N比が向上し、フォトIC1の感度を向上させることができる。

【0032】したがって、本実施形態によれば以下のような効果を得ることができる。

(1) 受光部12となる各エビタキシャル層3a、3b間には、拡散層4が埋設されている。このため、受光部12は、2つの受光層が基体2の厚さ方向に積層された状態となっている。よって、このフォトIC1は、受光部12が単層体であるものに比べて、アノード(基体2、アイソレーション層11a、11b、及び埋込層)とカソード(受光部12)との間の接触面積が増大する。したがって、アノード・カソード間を流れる光電流

(感度電流)が増大する。その結果、このフォトIC1によれば、S/N比を向上させることができ、受光感度を向上させることができる。

【0033】(2)第1及び第2エビタキシャル層3a、3bの厚さは、5～20μmの範囲内に設定されている。このため、同エビタキシャル層3a、3bに対する光の入射を充分に確保することができ、エビタキシャル層3a、3bの厚さに起因する受光感度の低下を確実に防止することができる。

【0034】(3)本実施形態では、基体2にアイソレーション層11a、11bが形成されているため、第1及び第2エビタキシャル層3a、3bにおけるアイソレーション層11a、11bに囲まれた部分をフォトダイオードとして機能させることができる。そして、該アイソレーション層11a、11bの外部に、他の素子(例えばフォトランジスタやランジスタ等)を形成することができる。

【0035】なお、この第1実施形態は以下のように変更してもよい。

・ 前記実施形態では、各エビタキシャル層3a、3bに対して個別にアイソレーション層11a、11bを形成している。しかし、図5に示すように、これらアイソレーション層11a、11bを、第2エビタキシャル層3bの表面から基体2に連通するアイソレーション層11に変更してもよい。この場合、フォトIC1の製造手順は、まず、図6(a)に示すように、基体2の表面に第1エビタキシャル層3aを形成した後、同エビタキシャル層3aの表面に拡散層4を形成する。続いて、図6(b)に示すように、第2エビタキシャル層3bを形成する。そして、図6(c)に示すように、第2エビタキシャル層3bの表面から基体2に連通するアイソレーション層11を形成する。

【0036】このようにすれば、第1実施形態のフォトIC1に比べて製造工程を簡略化することができる。

(第2実施形態) 次に、本発明の半導体フォトデバイスをフォトICに具体化した第2実施形態を図7及び図8に基づいて説明する。なお、本実施形態においては、第1実施形態と相違する点を主に述べ、共通する点については同一部材番号を付すのみとしてその説明を省略する。

【0037】図7(a)に示すように、本実施形態のフォトIC1は、前記第1実施形態のフォトIC1の構成に加えて、第2エビタキシャル層3bの表面にp型半導体からなる拡散層16が形成されたものである。

【0038】この拡散層16は、アイソレーション層11bに連通して形成されている。また、同拡散層16には、図7(b)にも併せ示すように、窓部16aが設けられている。この窓部16aは略正形状をなし、一辺が長さL2に設定されている。同窓部16aは前記電極6と対応する位置に設けられている。したがって、第2

エビタキシャル層3bは、窓部16aからのみ表面に露出して電極6に接合されている。すなわち、第2エビタキシャル層3bは、電極6との接続部のみが表面に露出した状態となっている。なお、本実施形態において長さL2は、12.5μmに設定されている。

【0039】次に、本実施形態のフォトIC1の製造手順について説明する。まず、前記第1実施形態にて述べたように、図2～図4に示した各工程を順次行う。そして、図4に示したシリコン酸化膜15を除去した後、図8に示すように、第2エビタキシャル層3bの表面にシリコン酸化膜17を形成する。その後、同酸化膜17に対してフォトリソグラフィを行うことによって、酸化膜17に前記拡散層16と対応した開口部17aを形成する。続いて、開口部17aから第2エビタキシャル層3bに対して、イオン注入等によってホウ素を打ち込み、さらにそのホウ素を熱拡散させる。この結果、第2エビタキシャル層3bの表面には、拡散層16が形成される。

【0040】そして、エッチングによって酸化膜17を除去した後、図7(a)に示したように、第2エビタキシャル層3b、アイソレーション層11b、及び拡散層16の表面にシリコン酸化膜等のパッシベーション膜5を形成する。その後、このパッシベーション膜5に対してフォトリソグラフィを行い、パッシベーション膜5に前記第2エビタキシャル層3bに連通する開口部5a、及びアイソレーション層11bに連通する開口部5bを形成する。次いで、第2エビタキシャル層3bの露出面、及びアイソレーション層11bの露出面に対してアルミニウムのスパッタリングまたは真空蒸着を行った後、フォトリソグラフィを行うことによって、それぞれ電極6、7を形成する。これにより、第2エビタキシャル層3bには拡散層16と隔離された電極6が接合され、アイソレーション層11bには第2エビタキシャル層3bと隔離された電極7が接合される。

【0041】したがって、このように構成されたフォトIC1においては、拡散層4によって受光部12が、第1エビタキシャル層3aからなる受光層と第2エビタキシャル層3bからなる受光層とを含む積層構造となる。このため、前記従来のフォトダイオード51よりもアノードとカソードとの接合面積が増大する。しかも、第2エビタキシャル層3bの表面には拡散層16が形成されているため、アノードとカソードとの接合面積がより増大し、光電流(感度電流)が流れる量がより増大することとなる。

【0042】さらに、拡散層16によって表面に露出する受光部12の面積が小さくなっている。このため、表面に露出するアノードとカソードとの接合部分、すなわち第2エビタキシャル層3bと拡散層16との接合部分の周長さも短くなっている。本実施形態では、表面に露出する受光部12の一辺の長さがL2に設定されてい

る。よって、該接合部分の周長さは、長さ $L_2$ の4倍の長さとなる。そして、この接合部の周長さは、前記第1実施形態において表面に露出する受光部12の周長さ（長さ $L_1$ の4倍の長さ）の4分の1の長さに設定されている。このため、暗電流の発生する量が4分の1程度少なくなる。

【0043】これらの結果、 $S/N$ 比がより向上し、フォトIC1の感度がより向上する。したがって、本実施形態によれば、前記第1実施形態における上記(1)～(3)に記載の効果に加えて、以下のような効果を得ることができる。

【0044】(4)第2エピタキシャル層3bの表面には拡散層16が形成されているため、第2エピタキシャル層3bと拡散層16との接合面積分だけ、アノード・カソード間の接合面積が増大する。よって、前記第1実施形態のフォトIC1よりもさらに光電流（感度電流）が流れるようになる。

【0045】しかも、受光部12たる第2エピタキシャル層3bは、電極6との接続部のみが表面に露出した状態となっている。よって、表面に露出するアノード・カソード間の接合部分が減少する。したがって、暗電流の発生量を低減させることができる。

【0046】これらの結果、 $S/N$ 比をより向上させることができ、フォトIC1の感度をより向上させることができる。

(第3実施形態)次に、本発明の半導体フォトデバイスをフォトダイオードに具体化した第3実施形態を図9～図11に基づいて説明する。

【0047】図9(a)、(b)に示すように、半導体フォトデバイスとしてのフォトダイオード21は、基体22、受光部23、パッシベーション膜24、及び2つの電極25、26から構成されている。

【0048】基体22は、第1導電型半導体としての面方位(110)のn型単結晶シリコンからなる基板22aと、その基板22aの表面にエピタキシャル成長により形成されたn型単結晶シリコンからなるエピタキシャル層22bとから構成されている。

【0049】受光部23は、下側埋込受光層（下側受光層）23a、上側埋込受光層（上側受光層）23b、及び拡散層23cを備えている。各層23a～23cは、それぞれ第2導電型半導体としてのp型単結晶シリコンによって形成されている。下側受光層23aは、基板22aとエピタキシャル層22bとの間に埋設されている。上側受光層23bは、エピタキシャル層22bの表面に埋設されている。図9(b)に示すように、各受光層23a、23bは、それぞれ平面視で一辺が長さ $L_1$ に設定された略正方形をなしている。拡散層23cは、各受光層23a、23b間に連通して形成されている。なお、図9(b)では、パッシベーション膜24及び電極25を省略して示してある。

【0050】パッシベーション膜24は、シリコン酸化膜やシリコン窒化膜等の絶縁膜からなり、エピタキシャル層22bの表面に形成されている。すなわち、エピタキシャル層22bの表面は、パッシベーション膜24によって絶縁保護されている。また、パッシベーション膜24の一部分には、アルミニウム等の金属からなる電極25が形成されている。この電極25は、エピタキシャル層22bと絶縁した状態で拡散層23cに接合されている。また、基板22aの裏面には電極26が接合されている。

【0051】したがって、このように構成されたフォトダイオード21は、受光部23がアノードとなり、基体22がカソードとなる。このフォトダイオード21の使用時には、各電極25、26に電源が接続される。詳しくは、電極25にマイナスが接続され、電極26にプラスが接続される。つまり、フォトダイオード21に対して逆電圧が印加される。この状態でアノードとカソードとの接合面に光が入射すると、その光エネルギーを吸収して逆起電力を生じて、アノード・カソード間に逆電流が流れる。

【0052】次に、本実施形態のフォトダイオード21の製造手順を図10及び図11に従って説明する。まず、図10(a)に示すように、基板22aの表面にシリコン酸化膜27を形成する。その後、酸化膜27に対してフォトリソエッチングを行うことによって、同酸化膜27に前記下側受光層23aと対応した開口部27aを形成する。

【0053】次いで、図10(b)に示すように、基板22aに対してイオン注入等によって開口部27aからホウ素を打ち込み、さらにそのホウ素を熱拡散させる。この結果、基板22aの表面の所定領域に下側受光層23aが形成される。

【0054】続いて、エッチングによって酸化膜27を除去した後、図11(a)に示すように、n型単結晶シリコンを基板22aの表面にエピタキシャル成長させることにより、エピタキシャル層22bを形成する。その結果、下側受光層23aが基板22aとエピタキシャル層22bとの間に埋め込まれた状態となるとともに、基板22aとエピタキシャル層22bとからなる基体22が形成される。なお、本実施形態において、エピタキシャル層22bの厚さは、5～20 $\mu\text{m}$ に設定されている。

【0055】次に、図11(b)に示すように、エピタキシャル層22bの表面にシリコン酸化膜28を形成する。その後、この酸化膜28に対してフォトリソエッチングを行うことによって、同酸化膜28に前記拡散層23cと対応した開口部28aを形成する。そして、この開口部28aからエピタキシャル層22bに対して、イオン注入等によってホウ素を打ち込み、さらにそのホウ素を熱拡散させる。この結果、エピタキシャル層22bに

は、その表面から下側受光層23aに連通する拡散層23cが形成される。

【0056】次いで、エッチングによって酸化膜28を除去した後、図11(c)に示すように、エピタキシャル層22bの表面に、再びシリコン酸化膜29を形成する。その後、この酸化膜29に対してフォトリソグラフィを行うことによって、同酸化膜29に前記上側受光層23bと対応した開口部29aを形成する。そして、この開口部29aからエピタキシャル層22bに対して、イオン注入等によってホウ素を打ち込み、さらにそのホウ素を熱拡散させる。この結果、エピタキシャル層22bには、その表面から拡散層23cに連通する上側受光層23bが形成される。

【0057】そして、エッチングによって酸化膜29を除去した後、図9(a)に示したように、エピタキシャル層22b及び上側受光層23bの表面にシリコン酸化膜等のパッシベーション膜24を形成する。その後、このパッシベーション膜24に対してフォトリソグラフィを行い、パッシベーション膜24に前記上側受光層23bに連通する開口部24aを形成する。次いで、上側受光層23bの露出面に対してアルミニウムのスパッタリングまたは真空蒸着を行った後、フォトリソグラフィを行うことによって電極25を形成する。これにより、上側受光層23bにはエピタキシャル層22bと隔絶された電極25が接合される。

【0058】したがって、このように構成されたフォトダイオード21においては、基体22内に2つの受光層23a、23bが上下に積み重ねられた積層構造をなしている。このため、前記従来のフォトダイオード51よりもアノードとカソードとの接合面積が増大する。詳しくは、前記従来のフォトダイオード51においては受光部53と基板52との接触部が受光部53の下面だけであったのに対して、このフォトダイオード1においては、下側受光層23aの上面に加えて、拡散層23cの外周面、及び上側受光層23bの下面も基体2と接触する。このため、その接触面積は約3倍程度増大することとなる。よって、光電流(感度電流)が流れる量が増大することとなる。その結果、S/N比が向上し、フォトダイオード21の感度が3倍程度向上する。

【0059】したがって、本実施形態によれば、前記第1実施形態における上記(1)、(2)に記載の効果に加えて、以下のような効果を得ることができる。

(5) 受光部23は、下側受光層23a、上側受光層23b、及び拡散層23cからなる積層構造体によって構成されている。そして、同受光部23は、上側受光層23bの上面を露出させた状態で基体22内に埋設されている。このため、下側受光層23a及び拡散層23cのほぼ全面と、上側受光層23bの下面とを基体2に接触させることができる。すなわち、アノード・カソード間の接触面積を増大させることができる。よって、光電流

を増大させてS/N比を向上させることができ、フォトダイオード21の感度を向上させることができる。

(第4実施形態)次に、本発明の半導体フォトデバイスをフォトダイオードに具体化した第4実施形態を図12及び図13に基づいて説明する。なお、本実施形態においては、第3実施形態と相違する点を主に述べ、共通する点については同一部材番号を付すのみとしてその説明を省略する。

【0060】図12(a)に示すように、本実施形態のフォトダイオード21は、前記第3実施形態のフォトダイオード21の構成に加えて、前記エピタキシャル層22bの表面に、さらにエピタキシャル層22c及び拡散層23dが形成されたものである。

【0061】詳しくは、同図に示すように、基体22は、前記基板22a、前記エピタキシャル層(第1エピタキシャル層)22b、及び第2エピタキシャル層22cから構成されている。すなわち、基体22は、エピタキシャル積層体を備えている。第2エピタキシャル層22cは、n型単結晶シリコンを第1エピタキシャル層22bの表面にエピタキシャル成長させることによって形成されている。このため、前記上側受光層23bは、第1エピタキシャル層22bと第2エピタキシャル層22cとの間に埋設された状態となっている。

【0062】また、受光部23は、下側受光層23a、上側受光層23b、拡散層(下側拡散層)23c、及び上側拡散層23dから構成されている。上側拡散層23dは、第2エピタキシャル層22cにおいて、同エピタキシャル層22c表面から上側受光層23bに連通して形成されている。この上側拡散層23dは、図12

(b)に示すように、平面視で略正方形をなし、一辺が長さL2に設定されている。また、同上側拡散層23dは、前記電極25と対応する位置に形成されている。したがって、第2エピタキシャル層22cの表面には、上側拡散層23dのみが露出して電極25に接合されている。すなわち、基体22の表面には、受光部23における電極25との接続部のみが露出している。

【0063】したがって、このように構成されたフォトダイオード21は、前記第3実施形態と同様に、受光部23がアノードとなり、基体22がカソードとなる。そして、このフォトダイオード21に対して逆電圧が印加された状態でアノードとカソードとの接合面に光が入射すると、その光エネルギーを吸収して逆起電力を生じて、アノード・カソード間に逆電流が流れる。

【0064】次に、本実施形態のフォトダイオード21の製造手順を図13に従って説明する。まず、前記第3実施形態にて述べたように、図10及び図11に示した各工程を順次行う。そして、図11(c)に示したシリコン酸化膜29を除去した後、図13(a)に示すように、第1エピタキシャル層22bの表面にさらにn型単結晶シリコンをエピタキシャル成長させることにより、

第2エビタキシャル層22cを形成する。

【0065】続いて、その第2エビタキシャル層22cの表面にシリコン酸化膜30を形成する。その後、酸化膜30に対してフォトリソエッチングを行うことによって、同酸化膜30に前記上側拡散層23dと対応した開口部30aを形成する。

【0066】次いで、この開口部30aから第2エビタキシャル層22cに対して、イオン注入等によってホウ素を打ち込み、さらにそのホウ素を熱拡散させる。この結果、第2エビタキシャル層22cには、その表面から上側受光層23bに連通する上側拡散層23dが形成される。

【0067】そして、エッチングによって酸化膜30を除去した後、図12(a)に示したように、第2エビタキシャル層22c及び上側拡散層23dの表面に前記パッシベーション膜24を形成する。その後、このパッシベーション膜24に対してフォトリソエッチングを行い、パッシベーション膜24に前記上側拡散層23dに連通する開口部24aを形成する。次いで、上側拡散層23dの露出面に前記電極25を形成する。これにより、上側拡散層23dには第2エビタキシャル層22cと隔離された電極25が接合される。

【0068】したがって、このように構成されたフォトダイオード21においては、前記第3実施形態と同様に、基体22内に2つの受光層23a、23bが上下に積み重ねられた積層構造をなしている。このため、前記従来のフォトダイオード51よりもアノードとカソードとの接合面積が増大する。しかも、本実施形態においては、両受光層23a、23bが基体22内に埋設されているため、上側受光層23bの上面側を基体22と接触している。よって、アノードとカソードとの接合面積がより増大し、光電流（感度電流）が流れる量がより増大することとなる。

【0069】さらに、第2エビタキシャル層22cの表面には、上側拡散層23dのみが露出した状態となっている。このため、表面に露出するアノードとカソードとの接合部分、すなわち第2エビタキシャル層22cと拡散層23dとの接合部分の周長さも短くなっている。よって、暗電流の発生量を低減することができる。

【0070】これらの結果、S/N比がより向上し、フォトIC1の感度がより向上する。したがって、本実施形態によれば、前記第各実施形態における上記(1)、(2)、(5)に記載の効果に加えて、以下のような効果を得ることができる。

【0071】(6) 受光部23は、電極接続部としての上側拡散層23dのみが第2エビタキシャル層22cの表面に露出された状態で、基体22内に埋設されている。このため、上側受光層23bの上面側もカソードたる第2エビタキシャル層22cに接触させることができる。よって、アノード・カソード間の接合面積がより増

大するため、前記第3実施形態のフォトダイオード21よりもさらに光電流（感度電流）が流れるようになる。

【0072】しかも、前記第3実施形態に比べて、第2エビタキシャル層22cの表面に露出するアノードとカソードとの接合部分が減少するため、暗電流の発生量を低減することができる。

【0073】これらの結果、S/N比をより向上させることができ、フォトダイオード21の感度をより向上させることができる。なお、本発明の実施形態は以下のように変更してもよい。

【0074】・ 前記第1及び第2実施形態では、第1及び第2エビタキシャル層3a、3bからなる受光層による積層体を受光部12として用いている。換言すれば、受光部12は、2層の積層体から構成されている。しかし、この受光部12は、2層の積層体に限らない。例えば図14に示すように、第2エビタキシャル層3bの表面に第3エビタキシャル層3cをさらに形成するとともに、同第3エビタキシャル層3cにアイソレーション層11c及び拡散層31を形成する。そして、この第3エビタキシャル層3cを受光層として含む3層の積層体によって受光部12を構成してもよい。このようにすれば、フォトIC1の受光感度をさらに向上させることができる。また、受光部12を、4層以上の積層体から構成してもよい。

【0075】・ 前記第3及び第4実施形態では、下側受光層23a及び上側受光層23bによって2層の積層体となる受光部23を用いている。しかし、この受光部23は、2層の積層体に限らない。例えば図15に示すように、第2エビタキシャル層22cの表面にさらに受光層23eを形成する。そして、この受光層23eを含む3層の積層体によって受光部23を構成してもよい。このようにすれば、フォトダイオード21の受光感度をさらに向上させることができる。また、受光部23を、4層以上の積層体から構成してもよい。

【0076】・ 前記第1及び第2実施形態では、フォトIC1にフォトダイオードを形成している。しかし、これに代えて、フォトトランジスタを形成してもよい。また、前記第3及び第4実施形態で具体化したフォトダイオード21を、フォトトランジスタに具体化してもよい。なお、フォトトランジスタに限らず、PINフォトダイオードやアバランシェフォトダイオードなどの光通信受光素子、フォトトランジスタ、フォトサイリスタ等に具体化してもよい。

【0077】・ 前記第1及び第2実施形態では、第1導電型半導体をn型単結晶シリコン、第2導電型半導体をp型単結晶シリコンとしているが、これらを逆としてもよい。すなわち、第1導電型半導体をp型単結晶シリコン、第2導電型半導体をn型単結晶シリコンとして具

【0078】また、前記第3及び第4実施形態では、第



1導電型半導体をp型単結晶シリコン、第2導電型半導体をn型単結晶シリコンとしているが、これらを逆としてもよい。すなわち、第1導電型半導体をn型単結晶シリコン、第2導電型半導体をp型単結晶シリコンとして具体化してもよい。

【0079】・前記第3及び第4実施形態における基板22aは、面方位(110)の基板に限定されるものではない。すなわち、例えば(111)基板や(100)基板等を基板22aとして用いてもよい。

【0080】・各電極6, 7, 25, 26を形成する材料は、アルミニウムに限定されるものではない。すなわち、金等を用いてもよい。

・前記第1及び第2実施形態では、n型単結晶シリコンによってエピタキシャル層3a, 3bを形成しているが、これに代えて、例えばn型多結晶シリコンや、アモルファスシリコンによって形成してもよい。

【0081】・前記各実施形態ではエピタキシャル層3a~3c, 22b, 22cの厚みを5~20μmに設定しているが、この厚みは1~30μmの範囲内であればよい。

【0082】次に、特許請求の範囲に記載された技術的思想のほか、前述した実施形態によって把握される技術的思想をその効果とともに以下に列挙する。

(1) 請求項2に記載の半導体フォトデバイスにおいて、前記受光層の露出面は、その露出面に接合される電極と同等の大きさに設定されていること。この技術的思想(1)に記載の発明によれば、拡散層の露出面を電極との接合に最低限必要な大きさに設定することにより、暗電流の発生を抑制しつつ、拡散層と電極との接合性も良好に維持することが可能となる。

【0083】(2) 請求項3に記載の半導体フォトデバイスにおいて、前記第1導電型半導体はp型半導体からなり、前記第2導電型半導体はn型半導体からなること。

(3) 請求項4に記載の半導体フォトデバイスにおいて、前記第1導電型半導体はn型半導体からなり、前記第2導電型半導体はp型半導体からなること。

【0084】(4) 請求項1~4、技術的思想(1)~(3)のいずれか1項に記載の半導体フォトデバイスにおいて、当該半導体フォトデバイスは、フォトダイオードの機能を含むフォトIC、またはフォトダイオードそのものであること。

【0085】(5) 請求項1~4、技術的思想(1)~(4)のいずれか1項に記載の半導体フォトデバイスにおいて、前記第1及び第2導電型半導体は、シリコンであること。

【0086】

【発明の効果】以上詳述したように、請求項1~4に記

載の発明によれば、受光感度を向上させることができる。

【0087】請求項2に記載の発明によれば、暗電流の発生量を低減することができ、受光感度をより向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の半導体フォトデバイスをフォトICに具体化した第1実施形態を示す断面図、(b)は同実施形態のフォトICの平面図。

【図2】(a), (b)は、同実施形態のフォトICの製造手順を示す断面図。

【図3】(a), (b)は、同実施形態のフォトICの製造手順を示す断面図。

【図4】同実施形態のフォトICの製造手順を示す断面図。

【図5】他の実施形態のフォトICの断面図。

【図6】(a)~(c)は、同実施形態のフォトICの製造手順を示す断面図。

【図7】(a)は第2実施形態のフォトICを示す断面図、(b)は同実施形態のフォトICの平面図。

【図8】同実施形態の製造手順を示す断面図。

【図9】(a)は本発明の半導体フォトデバイスをフォトダイオードに具体化した第3実施形態を示す断面図、(b)は同実施形態のフォトダイオードの平面図。

【図10】(a), (b)は、同実施形態のフォトダイオードの製造手順を示す断面図。

【図11】(a)~(c)は、同実施形態のフォトダイオードの製造手順を示す断面図。

【図12】(a)は第4実施形態のフォトダイオードを示す断面図、(b)は同実施形態のフォトダイオードの平面図。

【図13】(a), (b)は、同実施形態のフォトダイオードの製造手順を示す断面図。

【図14】本発明の半導体フォトデバイスをフォトICに具体化した他の実施形態を示す断面図。

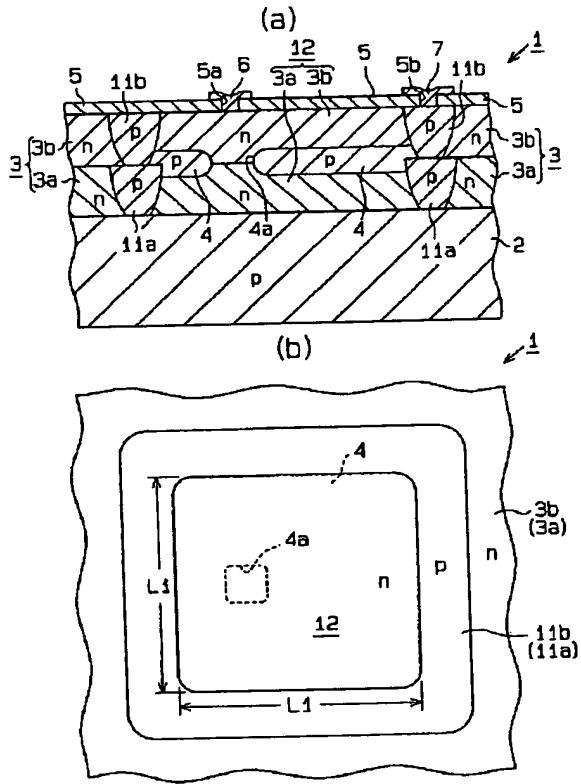
【図15】本発明の半導体フォトデバイスをフォトダイオードに具体化した他の実施形態を示す断面図。

【図16】(a)は従来の半導体フォトデバイスとしてのフォトダイオードを示す概略断面図、(b)はその概略平面図。

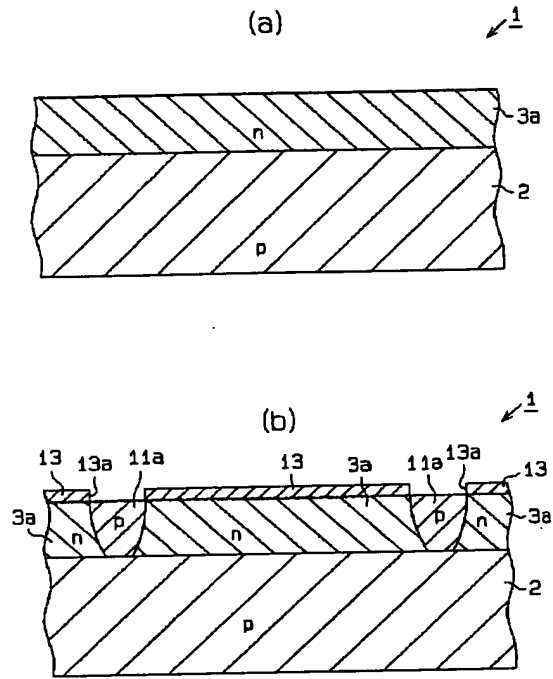
【符号の説明】

1…フォトIC、2, 22…基板、3…エピタキシャル積層体、4…拡散層、3a…第1エピタキシャル層、3b…第2エピタキシャル層、11, 11a, 11b…アイソレーション層、12, 23…受光部、16…拡散層、21…フォトダイオード、22a…基板、22b…(第1)エピタキシャル層、23a…下側受光層、23b…上側受光層、23c, 23d…拡散層。

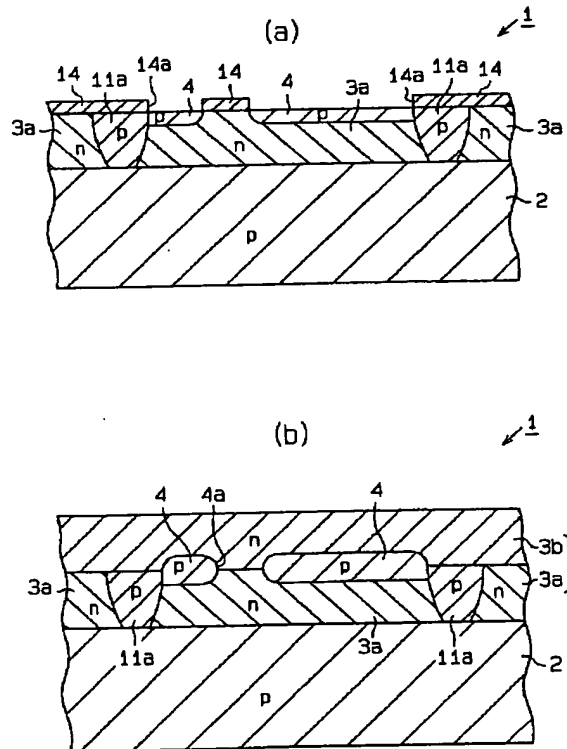
【図1】



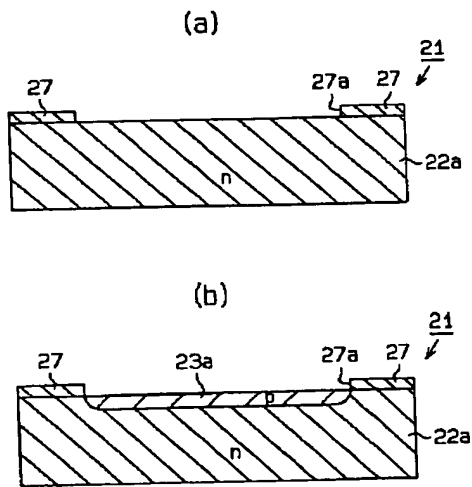
【図2】



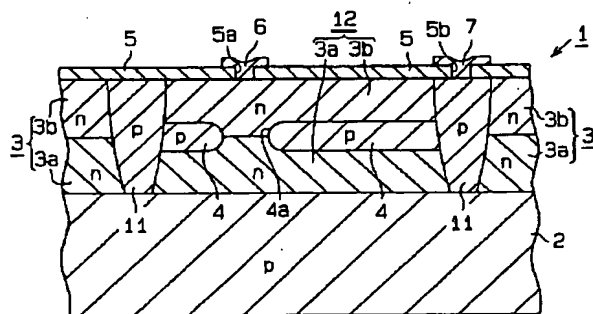
【図3】



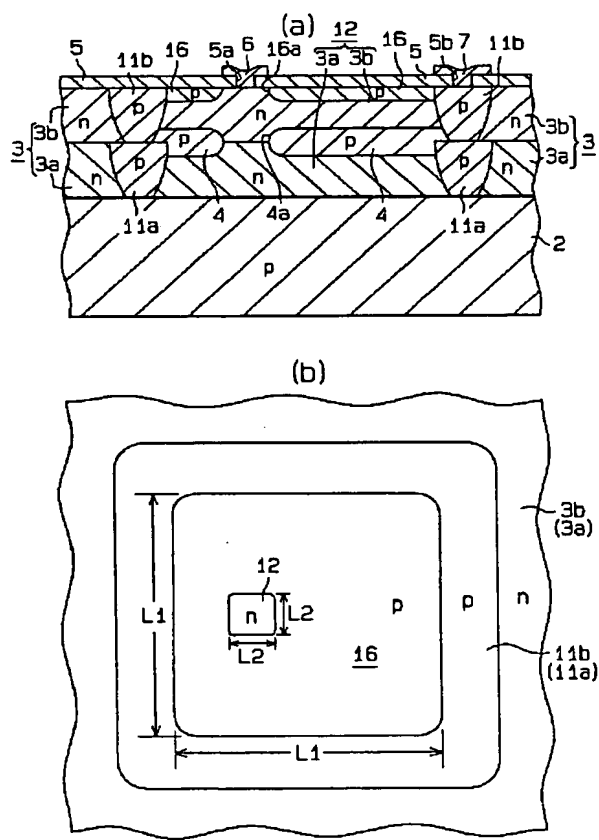
【図10】



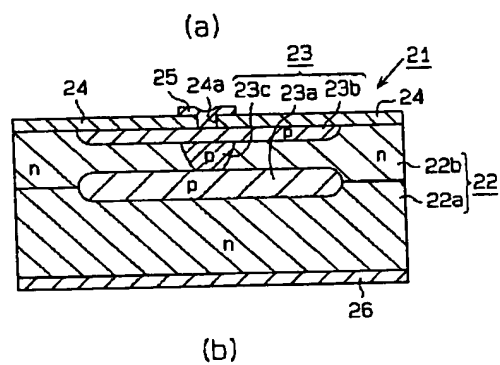
【図 5】



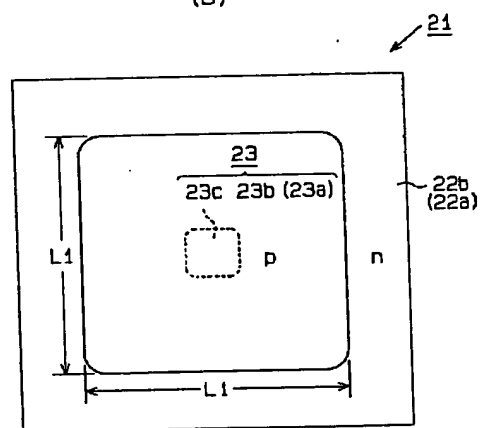
【图7】



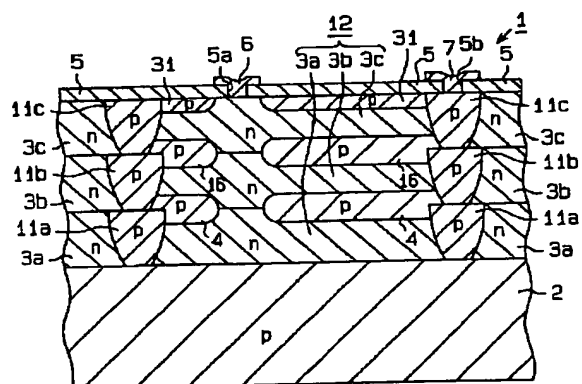
【圖9】



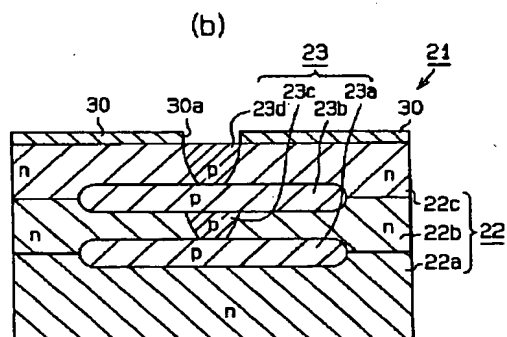
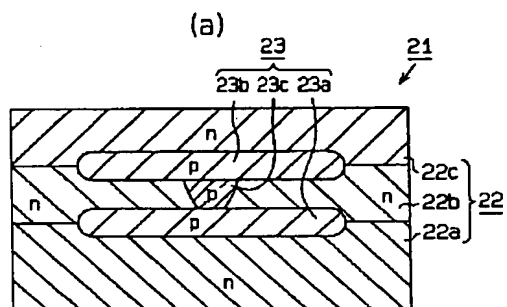
【图 11】



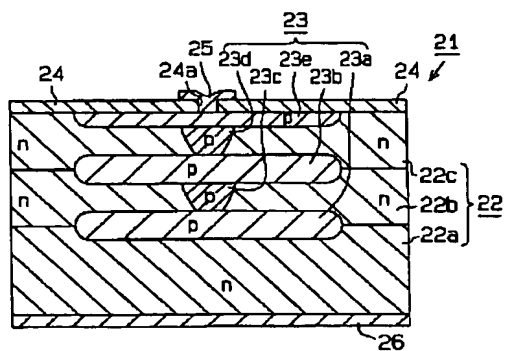
【圖 14】



【圖 13】



【圖 15】



【図16】

